

Министерство образования и науки Российской Федерации

**ФГБОУ ВПО «Уральский государственный
лесотехнический университет»**

Кафедра машин и оборудования ЦБП

В.В. Васильев

Т.В. Калимулина

Н.В. Куцубина

И.В. Перескоков

УРАВНОВЕШИВАНИЕ РОТОРОВ

Методические указания по выполнению лабораторной работы для студентов направлений и специальностей 150405, 151000, 190600, 190100, 250400 по дисциплинам: «Теория механизмов и машин», «Теория виброзащиты и акустической динамики машин», «Колебания и динамическая прочность»

**Екатеринбург
2012**

Печатается по рекомендации методической комиссии института автомобильного транспорта и технологических систем, протокол № ____ от _____ 20__ г.

Рецензент профессор, д-р техн. наук

А.А. Санников

Редактор РИО

Подписано в печать		Поз.
Плоская печать	Формат 60x84 1/16	Печ. л.
Заказ №	Тираж	Цена

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

ОГЛАВЛЕНИЕ

Основные понятия и определения	4
Статическое и динамическое уравнивание ротора при известном расположении неуравновешенных масс.....	6
Теоретические основы	6
Порядок выполнения работы	10
Исходные данные для выполнения работы	11
Рекомендуемая литература	12

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Ротор – тело, которое при вращении удерживается своими несущими поверхностями в опорах.

Межопорный ротор – двухопорный ротор, существенная часть массы которого расположена между опорами.

Консольный ротор – ротор, существенная часть массы которого расположена за одной из крайних опор.

Дисбаланс – векторная величина, равная произведению неуравновешенной массы на ее эксцентриситет, $D = m e$.

Угол дисбаланса – угол, определяющий положение вектора дисбаланса, в системе координат, связанной с осью ротора.

Начальный дисбаланс – дисбаланс в рассматриваемой плоскости, перпендикулярной оси ротора, до корректировки масс.

Остаточный дисбаланс – дисбаланс в рассматриваемой плоскости, перпендикулярной оси ротора, который остается в ней после корректировки его масс.

Допустимый дисбаланс – наибольший остаточный дисбаланс в рассматриваемой плоскости, перпендикулярной оси ротора, который считается приемлемым.

Главный вектор дисбалансов – вектор, перпендикулярный оси ротора, проходящий через центр его масс и равный произведению массы ротора на ее эксцентриситет.

Удельный дисбаланс e – отношение модуля главного вектора дисбалансов к массе ротора.

Допустимый удельный дисбаланс – наибольший удельный дисбаланс, который считается приемлемым.

Уравновешивание (балансировка) ротора – процесс определения значений и углов дисбалансов ротора и уменьшение их корректировкой его масс.

Неуравновешенность ротора – это состояние, характеризующееся таким расположением его масс, которое, во время вращения вызывает переменные нагрузки на опорах ротора и его динамический прогиб.

При **статической неуравновешенности** ротора центр масс ротора (т. С) смещен относительно оси вращения ротора S' на расстояние удельного дисбаланса e (рис. 1).

Главная центральная ось инерции S ротора параллельна оси вращения S' .

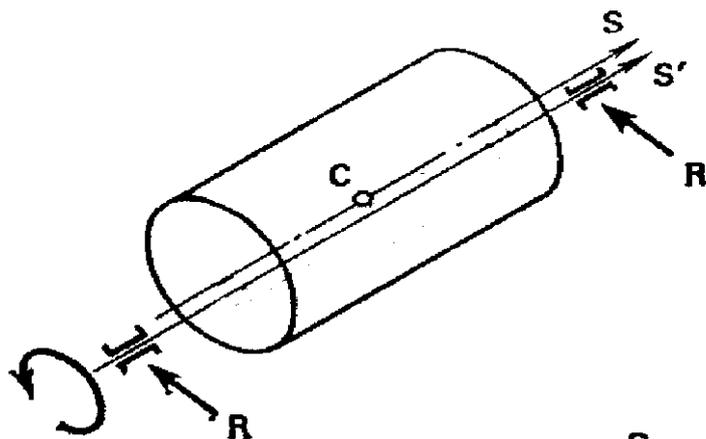


Рис.1. Статическая неуравновешенность ротора

При *моментной неуравновешенности* центр масс ротора (т.С) лежит на его оси вращения. Главная центральная ось инерции ротора S пересекает ось вращения S' в его центре масс (рис.2).

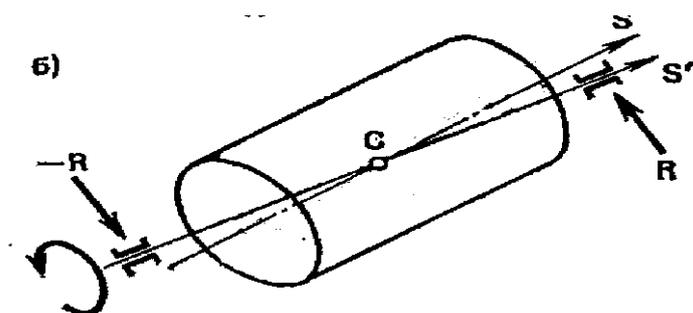


Рис.2. Моментная неуравновешенность ротора

Динамическая неуравновешенность включает одновременно статическую и моментную неуравновешенности. Главная центральная ось инерции S пересекает ось вращения ротора S' , но не в центре масс (рис.3).

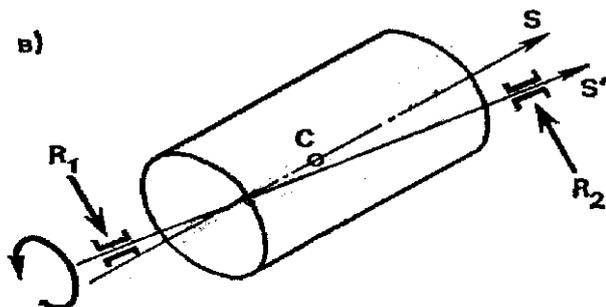


Рис.3. Динамическая неуравновешенность ротора

СТАТИЧЕСКОЕ И ДИНАМИЧЕСКОЕ УРАВНОВЕШИВАНИЕ РОТОРА ПРИ ИЗВЕСТНОМ РАСПОЛОЖЕНИИ НЕУРАВНОВЕШЕННЫХ МАСС

Теоретические основы

Неуравновешенные массы m_1, m_2, m_3 , расположенные на расстояниях $\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3$ от оси ротора в соответствующих плоскостях, могут быть уравновешены противовесами в двух произвольно выбранных плоскостях приведения I и II (рис. 1).

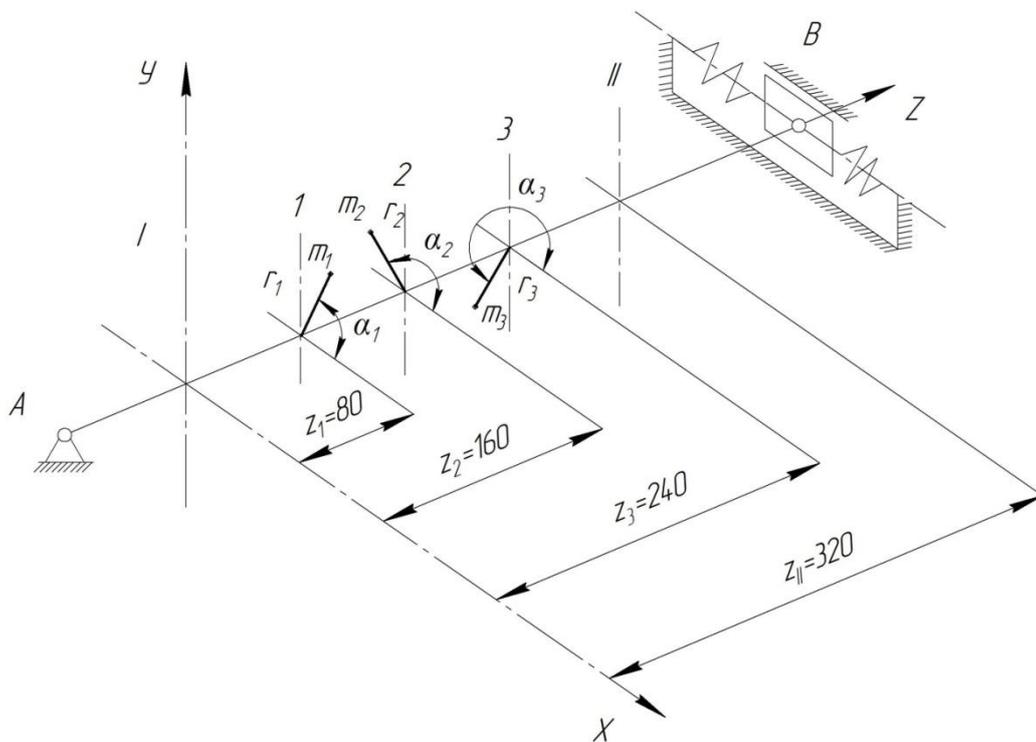


Рис.1. Схема ротора с известным расположением неуравновешенных масс

Условия полного уравновешивания ротора:

$$\sum_{i=1}^n m_i \vec{r}_i + m_I \vec{r}_I + m_{II} \vec{r}_{II} = 0;$$

$$\sum_{i=1}^n m_i \vec{r}_i z_i + m_{II} \vec{r}_{II} z_{II} = 0,$$

где $m_I, m_{II}, \vec{r}_I, \vec{r}_{II}$ - массы и радиус-векторы противовесов.

Для статического уравновешивания достаточно выполнения первого из этих условий, причем масса одного из противовесов может

быть принята равной нулю.

Для рассматриваемого случая $n = 3$, разворачивая векторное уравнение в уравнения проекций по осям координат, получим:

$$\sum_{i=1}^3 m_i r_i \cos \alpha_i + m_{II} r_{II} \cos \alpha_{II} = 0;$$

$$\sum_{i=1}^3 m_i r_i \sin \alpha_i + m_{II} r_{II} \sin \alpha_{II} = 0.$$

Найдем угол установки противовеса:

$$\operatorname{tg} \alpha_{II} = \frac{\sum_1^3 m_i r_i \sin \alpha_i}{\sum_1^3 m_i r_i \cos \alpha_i} \quad (1)$$

и радиус его установки, задавшись массой противовеса m_{II} ,

$$r_{II} = - \frac{\sum_1^3 m_i r_i \sin \alpha_i}{m_{II} \sin \alpha_{II}}. \quad (2)$$

Знак «-» уточняет направление при угле α_{II} , взятом между 0 и 180° .

При динамическом (полном) уравновешивании должны выполняться условия:

$$\sum_{i=1}^n m_i r_i \cos \alpha_i + m_I r_I \cos \alpha_I + m_{II} r_{II} \cos \alpha_{II} = 0;$$

$$\sum_{i=1}^n m_i r_i \sin \alpha_i + m_I r_I \sin \alpha_I + m_{II} r_{II} \sin \alpha_{II} = 0;$$

$$\sum_{i=1}^n m_i r_i z_i \sin \alpha_i + m_{II} r_{II} z_{II} \sin \alpha_{II} = 0;$$

$$\sum_{i=1}^n m_i r_i z_i \cos \alpha_i + m_{II} r_{II} z_{II} \cos \alpha_{II} = 0.$$

Найдем угол установки противовеса в плоскости II:

$$tg \alpha_{II} = \frac{\sum_1^3 m_i r_i z_i \sin \alpha_i}{\sum_1^3 m_i r_i z_i \cos \alpha_i} \quad (3)$$

и радиус его установки, задавшись массой противовеса m_{II} ,

$$r_{II} = - \frac{\sum_1^3 m_i r_i z_i \sin \alpha_i}{m_{II} z_{II} \sin \alpha_{II}}. \quad (4)$$

Найдем угол установки противовеса в плоскости I:

$$tg \alpha_I = \frac{\sum_1^3 m_i r_i \sin \alpha_i + m_{II} r_{II} \sin \alpha_{II}}{\sum_1^3 m_i r_i \cos \alpha_i + m_{II} r_{II} \cos \alpha_{II}}. \quad (5)$$

При подстановке значения r_{II} учитывается его знак, полученный в формуле (4).

Найдем радиус установки противовеса в плоскости I, задавшись массой m_I ,

$$r_I = - \frac{\sum_1^3 m_i r_i \sin \alpha_i + m_{II} r_{II} \sin \alpha_{II}}{m_I \sin \alpha_I}. \quad (6)$$

Векторные уравнения уравнивания можно решить графически. На рис. 2,а показано построение векторного многоугольника для случая статического уравнивания. Замыкающий вектор определяет произведение массы противовеса на радиус его установки. Задавшись массой, найдем радиус. Направление радиус-вектора определяет угол установки противовеса.

В случае полного уравнивания строятся два векторных многоугольника. На рис. 2,б определяется произведение $m_{II} r_{II} z_{II}$, у которого при известных z_{II} (рис.1) и массе противовеса m_{II} находится радиус установки второго противовеса r_{II} . Затем по рис. 2,в при известной массе первого противовеса m_I определяется радиус вектор установки первого противовеса r_I .

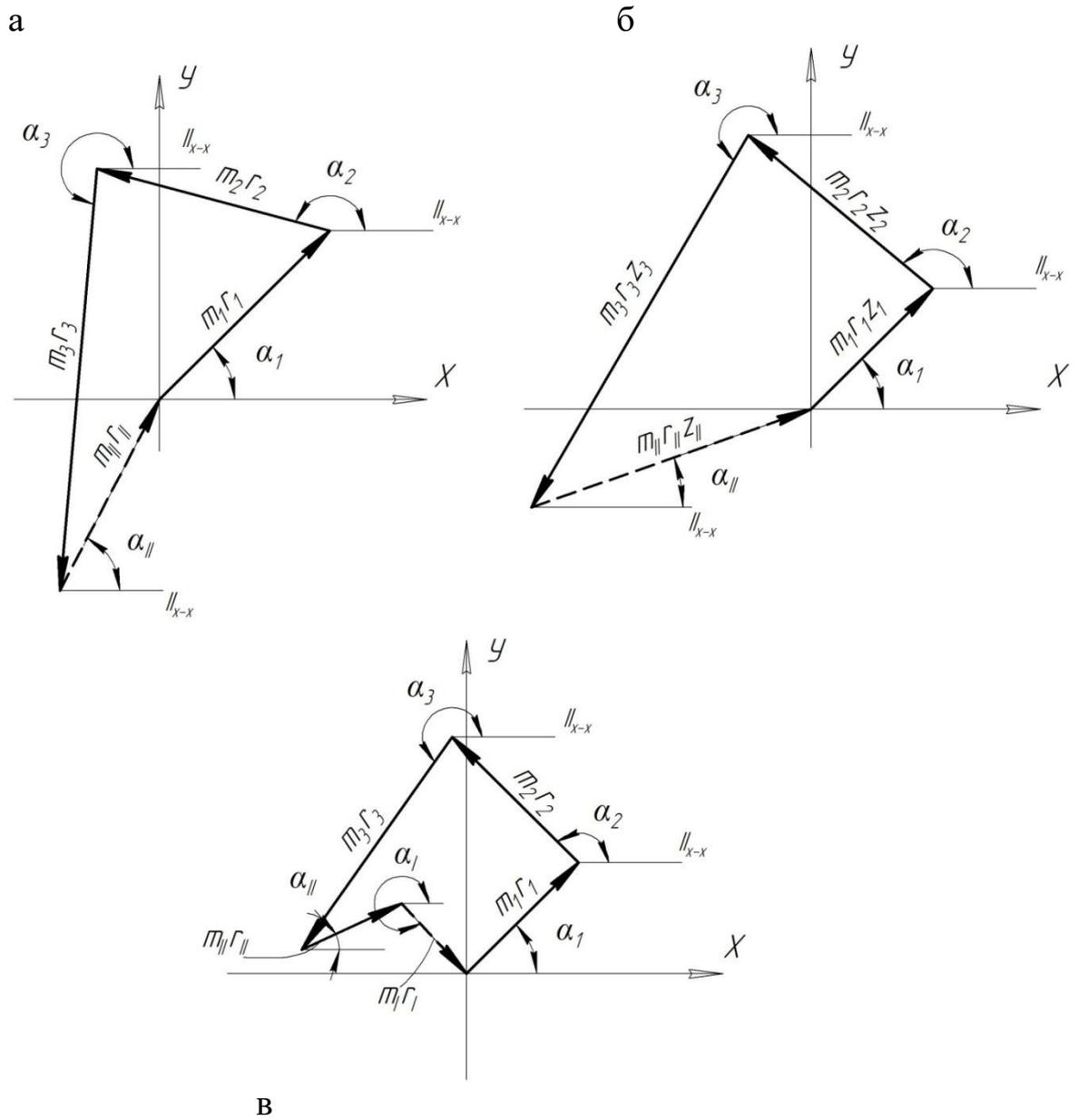


Рис.2. Векторные многоугольники для определения радиус- векторов установки противовесов при статическом (а) и полном (б,в) уравнивании

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с лабораторной установкой и выполнить ее схему (рис.1).

2. Записать исходные данные для выполнения работы:

массы противовесов: $m_I =$ $m_{II} =$;

величины неуравновешенных масс и координаты их установки:

Величины неуравновешенных масс	Радиус-векторы установки неуравновешенных масс	Угловые координаты расположения неуравновешенных масс	Координаты расположения плоскостей установки неуравновешенных масс
$m_1 =$	$r_1 =$	$\alpha_1 =$	$Z_1 =$
$m_2 =$	$r_2 =$	$\alpha_2 =$	$Z_2 =$
$m_3 =$	$r_3 =$	$\alpha_3 =$	$Z_3 =$

3. Выполнить расчет величины и положения противовеса при статическом уравновешивании по формулам (1) и (2).

4. Выполнить расчет величин и положений противовесов при полном (динамическом) уравновешивании по формулам (3-6).

5. Определить величину и положение противовеса при статическом уравновешивании графическим методом (рис.2,а).

6. Определить величины и положения противовесов при полном (динамическом) уравновешивании графическим методом (рис.2,б,в).

7. Проверить правильность выполненных расчетов на лабораторной установке.

8. Сделать выводы по работе.

Исходные данные для лабораторной работы

	Номер варианта																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
m_1 , г.	30	20	30	40	50	20	30	30	50	50	30	30	30	40	50	40	20	40	30	50
m_2 , г.	40	30	20	30	30	40	50	40	50	40	20	40	40	50	40	20	50	30	20	30
m_3 , г.	40	40	50	50	40	30	40	50	30	30	40	50	20	60	30	30	30	20	40	20
r_1 , мм	50	50	55	55	50	55	40	60	50	45	70	60	50	70	40	75	50	75	70	50
r_2 , мм	50	60	70	55	40	40	45	60	70	55	65	70	85	60	55	85	60	65	60	50
r_3 , мм	45	40	60	50	60	60	45	60	40	60	55	85	60	55	50	90	60	65	60	80
α_1 , град.	320	300	260	280	130	160	90	70	150	270	310	290	35	250	120	110	190	10	35	210
α_2 , град.	280	260	300	260	150	180	100	90	160	260	320	280	30	260	80	130	200	40	75	240
α_3 , град.	300	260	290	230	170	200	120	80	170	300	290	260	60	230	130	160	210	20	50	250

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Куцубина Н.В. Виброзащита технологических машин и оборудования лесного комплекса: моногр./ Н.В. Куцубина, А.А. Санников. - Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2008. – 212 с.
2. Теория механизмов и машин / Под ред. К.В. Фролова. - М.: Высшая школа, 1987. - 496 с.
3. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. - М.: Наука, 1975. - 640 с.
4. Левитская О.Н., Левитский Н.И. Курс теории механизмов и машин. - М.: Высшая школа, 1978. - 269 с.
5. Левитский Н.И. Теория механизмов и машин. - М.: Наука, 1979. - 576 с.